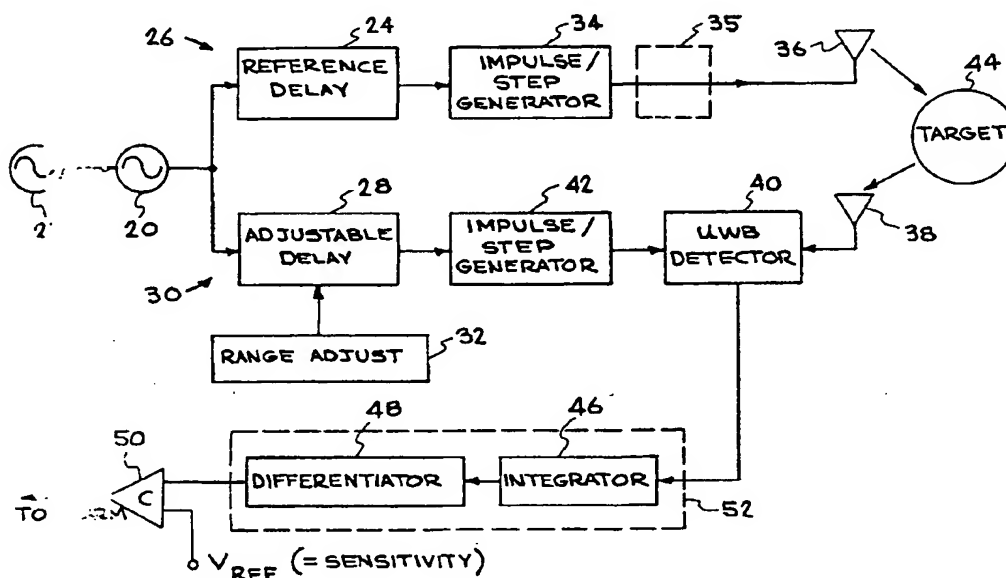


**PCT**WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION  
International Bureau

## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification <sup>5</sup> : <b>G01S 7/28</b>		<b>A1</b>	(11) International Publication Number: <b>WO 94/24579</b>
		(43) International Publication Date: 27 October 1994 (27.10.94)	
(21) International Application Number: <b>PCT/US94/03892</b>		(81) Designated States: CA, JP, KR, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) International Filing Date: <b>8 April 1994 (08.04.94)</b>		<b>Published</b> <i>With international search report.</i>	
(30) Priority Data: <b>08/044,717 12 April 1993 (12.04.93) US</b>			
(71) Applicant: THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA [US/US]; 22nd floor, 300 Lakeside Drive, Oakland, CA 94612 (US).			
(72) Inventor: McEWAN, Thomas, E.; 734 Cairo Street, Livermore, CA 94550 (US).			
(74) Agent: SARTORIO, Henry, P.; P.O. Box 808, Livermore, CA 94550 (US).			

(54) Title: ULTRA-WIDEBAND RADAR MOTION SENSOR



## (57) Abstract

A motion sensor is based on ultra-wideband (UWB) radar. UWB radar range is determined by a pulse-echo interval. For motion detection, the sensors (40) operate by staring at a fixed ranged and then sensing any change in the averaged radar reflectivity at that range. A sampling gate (figure 4) is opened at a fixed delay after the emission of a transmit pulse. The resultant sampling gate output is averaged over repeated pulses. Changes in the averaged sampling gate output represent changes in the radar reflectivity at a particular range, and thus motion.

(51)Int.Cl. <sup>4</sup>		識別記号	庁内整理番号	F I	
G 0 1 S	7/28		9208-2F	G 0 1 S	7/28 B
	7/282		9208-2F		7/282
	13/58		9208-2F		13/58
	13/93		9208-2F		13/93 Z

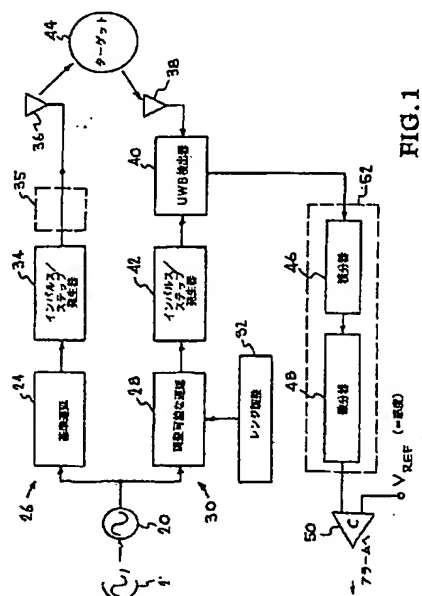
審查請求 未請求 予備審查請求 有 (全 35 頁)

(21)出願番号	特願平6-523338	(71)出願人	ザ リージェンツ オブ ザ ユニバーシ ティ オブ カリフォルニア アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94612 オークランド レイクサイド ド ライブ 300 トゥエンティセカンド フ ロアー
(86)(22)出願日	平成6年(1994)4月8日	(72)発明者	マッケワン トーマス イー アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94550 リーヴァーモア ケアロー スト リート 734
(85)翻訳文提出日	平成7年(1995)10月12日	(74)代理人	弁理士 中村 稔 (外6名)
(86)国際出願番号	PCT/US94/03892		
(87)国際公開番号	WO94/24579		
(87)国際公開日	平成6年(1994)10月27日		
(31)優先権主張番号	08/044, 717		
(32)優先日	1993年4月12日		
(33)優先権主張国	米国(US)		
(81)指定国	EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), CA, JP, KR		

(54) 【発明の名称】 超広帯域レーダの運動センサ

(57) 【要約】

運動センサは、超広帯域(UWB)レーダをベースとする。UWBレーダのレンジは、パルス/エコーインターバルにより決定される。運動検出のために、センサ(40)は、固定レンジにおいてスタートしそしてそのレンジにおける平均レーダ反射度の変化を感知することによって動作する。サンプリングゲート(図4)は、送信パルスの放射後に固定の遅延で開放される。それにより得られるサンプリングゲート出力は、繰り返しパルスに対して平均化される。平均化されたサンプリングゲート出力の変化が、特定レンジにおけるレーダ反射度の変化、ひいては、運動を表す。



## 【特許請求の範囲】

1. 超広帯域 (UWB) レーダパルスを送信し、  
固定レンジからの反射パルスを検出し、  
繰り返しパルスに対し検出パルスを平均化し、そして  
平均値の変化を測定する、  
という段階を備えたことを特徴とする方法。
2. 固定レンジからの反射パルスを検出する上記段階は、送信パルスの放射後に固定の遅延でサンプリングゲートを開くことによって行う請求項1に記載の方法。
3. レンジを調整することを更に含む請求項1に記載の方法。
4. 約1,000ないし10,000個のパルスを平均化する請求項1に記載の方法。
5. 送信パルスのパルス繰り返し周波数にディザ作用を与えることを含む請求項1に記載の方法。
6. 5 ns未満のパルス巾でUWBレーダパルスを送信することを含む請求項1に記載の方法。
7. 1 ns未満のパルス巾でUWBレーダパルスを送信することを含む請求項1に記載の方法。
8. 2つの異なるレンジからの信号を測定しそして2つのレンジからの信号間の時間差から速度を決定する請求項1に記載の方法。
9. アンテナのリングダウンによって生じた反射パルスを検出することを更に含む請求項1に記載の方法。
10. 同調回路又はバンドパスフィルタをショック励起することにより送信レーダパルスを形成することを更に含む請求項1に記載の方法。
11. 発振器を変調することによって送信レーダパルスを形成することを更に含む請求項1に記載の方法。
12. 上記レーダパルスは、キャリア周波数なしに送信される請求項1に記載の方法。
13. パルス繰り返しインターバル発生器と、

上記パルス繰り返しインターバル発生器に接続された固定基準遅延手段と、  
上記基準遅延手段に接続された送信パルス発生器と、  
上記送信パルス発生器に接続された送信アンテナと、  
上記パルス繰り返しインターバル発生器に接続された調整可能な遅延手段と、  
上記調整可能な遅延手段に接続されたゲートパルス発生器と、  
上記ゲートパルス発生器に接続されたUWBレーダ受信器と、  
上記UWB受信器に接続された受信アンテナと、  
上記UWB受信器に接続された信号処理手段とを備えたことを特徴とする超広帯域(UWB)レーダの運動センサ。

14. 上記信号処理手段に接続されたアラーム手段を更に備えた請求項13に記載のセンサ。

15. 上記パルス繰り返しインターバル発生器に接続されたノイズ発生器を更に備えた請求項13に記載のセンサ。

16. 上記調整可能な遅延手段に接続されたレンジ調整手段を更に備えた請求項13に記載のセンサ。

17. 上記信号処理手段は、積分器の後に微分器を備えている請求項13に記載のセンサ。

18. 上記信号処理手段は、バンドパスフィルタである請求項13に記載のセンサ。

19. 上記パルス繰り返しインターバル発生器は、ディザ型パルス発生器である請求項13に記載のセンサ。

20. 2つの固定レンジ間を繰り返し切り換えるために上記調整可能な遅延手段に接続された方形波発振器と、UWB受信器の出力を各レンジに対する個別の運動検出器に対して切り換えるためにUWB受信器の出力及び方形波発振器に接続されたアナログスイッチとを更に備えた請求項13に記載のセンサ。

21. 上記ゲートインパルス発生器に接続された第2UWBレーダ受信器と、該第2UWBレーダ受信器に接続された第2の受信アンテナと、該第2受信アンテナと上記第2のUWB受信器との間或いは上記ゲートインパルス発生器と上記UWB受信器の1つとの間に配置された遅延線とを更に備えた請求項13に記載

のセンサ。

22. 上記UWBレーダ受信器は、約1,000ないし10,000個のパルスを平均化する請求項13に記載のセンサ。

23. 上記送信及び受信アンテナは、アンテナリングダウンを示すダイポール対で形成される請求項13に記載のセンサ。

24. 上記送信パルス発生器は、ショック励起される同調回路又はバンドパスフィルタより成る請求項13に記載のセンサ。

25. 上記送信パルス発生器は、変調発振器より成る請求項13に記載のセンサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 超広帯域レーダの運動センサ

米国政府は、ローレンス・リバモア・ナショナル・ラボラトリの運営に関する米国エネルギー庁とカリフォルニア大学との間の契約第W-7405-ENG-48号に準じて本発明の権利を有するものである。

発明の分野

本発明は一般に運動センサに係り、より詳細には、超広帯域レーダをベースとする運動センサに係る。

先行技術の説明

運動センサは、主として、超音波、受動赤外線（PIR）及びレーダ検出器をベースとしている。超音波運動センサは、自動ドア開け機構や保安アラームに通常使用される。これらは、低コストであり、狭いビーム巾で動作することができる。しかしながら、超音波ビームは紙を含む薄い材料によって容易に阻止されてしまうので設置場所の選択が限定される。もう1つの欠点は、カーテンがなびいたり昆虫が飛ぶことによる反射で誤ってトリガーする傾向があることである。

PIRセンサは、おそらく最も頻繁に使用される家庭用の保安センサである。これらは、特殊なフレネルレンズを使用して、人間のような温かい物体の多数の熱像を形成する。人間が視界を横切ると、熱像は、IRセンサ素子を横切ってスweepするときに周期的な変動を生じ、これが低コストの電子装置によって検出される。超音波の場合と同様に、PIRは、紙によって阻止される。更に、PIRは、レンジ（距離）調整機能をもたない。

FM-CWレーダセンサは、スweep周波数マイクロ波信号を放射し、そのエコーの周波数を現在の放射周波数と比較し、そのレンジに比例するビート周波数を発生する。FM-CWレーダセンサは、低コストのマイクロ波発振器及び検出ダイオードと、音声周波数処理電子装置とを使用して、音声ビート周波数又はレンジを決定する。非レンジレーダセンサは、連続マイクロ波キャリアを単に放射し、移動物体からのドップラーシフトを聞くだけである。アンテナは、通常、低コストのダイキャストメタルホーンである。FM-CW及びドップラーレーダに対する主たる制約は、1) 高いマイクロ波周波数を使用するために材料透過性が

制限され、2) 短いレーダ波長が音声周波数処理と組み合わせて使用されることにより雑音が生じ、3) 周波数が混雑し、そして4) 短レンジ動作が不良なことである。短レンジの性能は、送信用発振器の隣接するノイズ側波帯によって制約され、この発振器は、ギガヘルツ領域において100Hz程度のランダム周波数変動すらもたないよう動作しなければならない。というのは、このような変動は、所望のビート周波数から区別できないからである。

#### 発明の要旨

超広帯域(UWB)レーダの運動感知は、運動センサ技術の全く新しい解決策である。UWBレーダは、非常に短い電氣的パルスの両方向フライト時間を計時するパルスエコーシステムとして動作する。キャリア周波数は使用されず、電圧パルスがアンテナに直接加えられる。

変調器による周波数のアップ変換は使用されないので、同調すべき周波数はない。UWB送信スペクトルは、放射パルスのフーリエ変換であり、一般に数百メガヘルツないし数ギガヘルツに及ぶ。これは本来拡散スペクトルである。FCCによる周波数の割り当ては該当しない。更に、多数の独立したUWBセンサを、干渉を生じることなく共通配置することができる。

周波数アップ変換を使用しないことにより、UWBスペクトルは、できるだけDCに接近して位置される。ほとんどの材料は、周波数と共に急激に増加する減衰を示すので、UWBレーダは、材料透過において非常に大きな利点を有する。テストにより、200psのパルスは、石膏や木やコンクリートの壁を自由に貫通することが示されている。優れた材料透過性は、UWBセンサの基本的な利点であり、壁や機器パネルの後方、天井の上及び床下に設置できるようになる。

UWBレーダのレンジ(距離)は、パルス/エコーインターバルによって決定される。運動検出の場合に、センサは、固定のレンジでスタートしてそのレンジにおける平均レーダ反射度の変化を感知することにより動作する。これは、送信パルスの放射後に一定の遅延でサンプリングゲートを開き、次いで、それにより得られたサンプリングゲート出力を繰り返しパルスにわたって平均化することにより行われる。平均化されたサンプリングゲート出力の変化は、特定のレンジにおけるレーダ反射度の変化、ひいては、運動を表している。

目に見えない一定レンジの球状の殻が空間に効率的に投射され、その厚みは、レーダパルス巾に直接関係したものである。2つの説明のための実施形態において、1つのセンサは殻の厚みが1インチであり、他方は約18インチである。

検出殻の位置は、サンプリングゲート遅延を調整することによってセットされる。この遅延調整は容易に行われ、性能上の不利益を伴わないブランクレンジを指すようにダウン方向に調整することができる。ユーザが検出レンジを調整できることは、UWBセンサの別の顕著な特徴である。

UWB運動センサのコストは、競合するセンサと同程度であり、従って、多くの用途に対し最も適切なセンサ技術として確実に選択されよう。近いうちに、UWBセンサは、標準在庫部品として作られることになる。最終的には、シリコンのアプリケーション指向集積回路（ASIC）が全てのセンサ電子装置を組み込むことになる。

UWB運動センサ電子装置は、検出殻を光学的に投射するために発光ダイオードやPINホトダイオードのような電気-光学トランスジューサにも接続することができる。これは、ペンシルビーム感知、即ち「光サーベル」動作が所望される場合に、特に有用である。

#### 図面の簡単な説明

図1は、UWBレーダ運動センサのブロック図である。

図2は、UWBレーダの一定レンジ殻を示す図である。

図3AないしDは、種々のUWBレーダ運動検出信号である。

図4は、UWBレーダ運動検出器におけるUWB受信器の回路図である。

図5は、UWBレーダ運動センサの回路図である。

図6は、VHF中間レンジのUWBレーダ運動センサの回路図である。

図7は、ダイポールアンテナ対のリングダウンを示す図である。

図8A及びBは、非ディザ型及びディザ型PRI動作によるUWBスペクトルを示す図である。

図9は、二重殻の速度測定を説明する図である。

図10は、時間マルチプレクスされる二重レンジ殻速度測定システムを示す回路図である。



図 1 1 は、二重遅延速度測定システムを示す回路図である。

図 1 2 A は、変調コルピッツ R F 発振回路の回路図である。

図 1 2 B は、図 1 2 A の回路からの出力信号を示す図である。

#### 好ましい実施形態の詳細な説明

図 1 を参照すれば、自走式発振器 (P R I 発生器) 2 0 は、レーダパルス繰り返しインターバル (P R I) を形成する。典型的に、このインターバルは  $1 \mu s$  である。ノイズ発生器 2 2 は、P R I 発生器 2 2 に接続され、以下に述べる目的で P R I にランダムな変化を導入する。P R I 発生器 2 0 の出力は、2 つの遅延手段、即ち送信経路 2 6 の固定基準遅延手段 2 4 と、受信 (ゲートパルス) 経路 3 0 の調整可能な遅延手段 2 8 とを駆動する。遅延手段 2 8 は、レンジ (距離) 調整手段 3 2 によって調整される。

基準遅延手段 2 4 は、一般に、受信経路 3 0 の最小遅延にマッチングするようにセットされ、又、アンテナ供給ライン等の遅延を考慮するようにセットされてもよい。基準遅延手段 2 4 の出力は、送信パルスを発生するインパルス (又はステップ) 発生器 3 4 を駆動する。P R I 発生器 2 0 又は基準遅延手段 2 4 が十分に迅速な立上り時間をもつパルスを発生する場合には、インパルス (又はステップ) 発生器 3 4 を省略してもよい。さもなくば、発生器 3 4 は、適当な送信パルスを発生するのに使用される。送信パルスは、通常、ガウス形状の電圧パルスに似ている。一般に、これは、変調された R F パルスではない。U W B レーダは、キャリア周波数を使用しないという点で従来のレーダとは異なる。むしろ、P R I だけ離間された個々のパルスのシーケンスがアンテナに直接付与される。

送信パルスは、送信アンテナ 3 6 により直接放射される。多数の U W B アンテナが一般に使用されており、その最も一般的なものは、エンドファイア (縦型) アンテナである。好ましい実施形態では、簡単なワイヤダイポール及び広帯域の「蝶ネクタイ」ダイポールの両方が使用される。それらの共振特性により、放出される放射線にリングングが生じるが、以下に述べるように、この作用を使用する。

多くのアンテナは、周波数の増加と共に利得の増加を示すので、送信アンテナに付与されるステップ入力、そのステップの導関数の放射、即ちインパルスを

生じる。図5及び6の実施形態においては、送信アンテナに電圧ステップが付与される。送信及び受信アンテナの両供給ラインは、当業者に知られた種々の目的でスペクトル制限即ち整形フィルタを含む。

受信アンテナ38は、UWB検出器（受信器又はサンプル装置）40に接続され、これは、参考としてここに取り上げる本発明と同時に出願された「超広帯域受信器（Ultra-Wideband Receiver）」と題する米国特許出願08/044,745に開示されている。このUWB検出器は、テクトロニクス社及びヒューレットパッカード社によりそれらの標準的なサンプリングオシロスコープに組み込まれたような広帯域サンプリング回路でもよい。サンプリング装置40は、調整可能な遅延手段28の出力によりインパルス（又はステップ）発生器42を経てゲート動作即ちストロブされ、従って、サンプル装置40は、ターゲット44への両方向エコー時間に対応する空間内のポイントをサンプリングする。ここでも、調整可能な遅延パルスが十分に短い立ち上がり時間を有する場合には、インパルス／ステップ発生器42を省略することができる。

UWB検出器40の出力は、積分器46において、レーダのPRIより実質的に長い時定数、典型的に運動センサでは10msで平均化される。1 $\mu$ sのPRIでは、10,000個のパルスが平均化される。この平均値は、レーダ反射の和及び他のレーダクラッタ、例えば、直接的なアンテナ対アンテナ結合を表す。

この方法は、2つ以上のパルスを平均化することによって実施できる。しかしながら、多数の、即ち1,000ないし10,000個のパルスを平均化するのが好ましい。送信されるパルスは、典型的に、そのパルス巾が約5ns以下でありそして更に好ましくは約1ns以下である。PRIは、典型的に、100nsないし100msである。

サンプリングされるレンジにおいてレーダの反射度が変化する場合には、平均値も変化し、この変化が微分器48によって感知される。微分器48の出力は、比較回路50をトリガーし、これは次いでアラームを作動する。比較器50は、微分器48の出力をプリセット値 $V_{ref}$ と比較する。感度は、 $V_{ref}$ により制御される。

簡単化のために、本発明は、アナログ積分器及び微分器を使用する。デジタル

の等効物も、複雑さは増すが使用できる。直線システムでは、積分器及び微分器の順序を交換してもよい。更に、カスケード状の積分及び微分プロセスは、周波数ドメインでのバンドパスフィルタに類似しており、従って、バンドパスフィルタ 52 は、この結合された機能に使用される。典型的なフィルタ定数は、人間の運動感知の場合に低い周波数の端が 1 Hz でありそして高い周波数の端が 10 Hz である。

UWB パルス／エコーシステム 54 は、通常、図 2 に示すように一定のサンプリング遅延又は一定のレンジで動作する。短いインパルスが放射されることにより、有効な球状殻 56 が空間に投射される。この殻の厚みは、サンプリングインパルス中に直接関係しており、これは、一般に送信パルス巾  $T$  に等しくセットされる。従って、一定レンジの殻は、厚みが  $cT/2$  であり、但し、 $c$  はパルスの速度である。

図 3 A ないし D は、図 5 の UWB レーダから得られるデータを示している。横軸は、2 秒のラップタイムに対応する低速時間軸である。縦軸は、UWB 検出器－積分器－微分器からの出力である。図 3 A ないし D において、人間の手を 2 秒の時間軸内で殻に入れそしてそこから出し、それにより得られる信号がレーダとターゲットとの間の多数のレンジ（図 3 A では 1 フィート、図 3 B では 4 フィート、図 3 C 及び D では 15 インチ）及び多数の材料（図 3 C では 6 インチのテキストブック、図 3 D では 2 インチのコンクリート）について示されている。手を入れたり出したりしたことが明確に示されている。

図 4 は、UWB レーダの運動検出器に使用するように設計された差動 UWB 受信器を示している。広帯域ダイポールアンテナ 58 は、ねじれ対送信ライン 60 に接続される。ライン対 60 の各ワイヤは、キャパシタ  $C1$  又は  $C2$  と直列抵抗器  $R1$  又は  $R2$  とを経て演算増幅器  $A1$  又は  $A2$  の正の入力に接続される。 $C1-R1$  及び  $C2-R2$  の接合点は、一对のダイオード  $D1$ 、 $D2$  に接続され、そのアノードはこれら接合点に接続されそしてカソードは互いに接続される。ゲートパルスは、 $D1-D2$  間の共通カソード接合点に付与される。ゲートパルスラインはキャパシタ  $Cs$  を含む。入力ライン対 60 及びゲートパルス入力ラインは全て抵抗器  $R_T$  に終端される。 $A1$ 、 $A2$  の正の入力は、抵抗器  $R3$ 、 $R4$  を経

て+BIAS電圧に各々接続される。又、A1、A2の正の入力は、キャパシタC3、C4を経て接地される。A1、A2に十分な入力キャパシタンスがある場合又はRF除去が必要又は所望されない場合には、C3及びC4を省略することができる。A1の出力はC5及びR5を経て演算増幅器A3の負の入力に接続され、そしてA2の出力はA3の正の入力に接続される。A3の出力は、キャパシタC6及び並列可変抵抗器R6を経てA3の負の入力にフィードバックされる。抵抗器R6は、感度を制御するように調整される。A1、A2の負の入力は、C7及びR7を経て一緒に接続され、そしてC8及び並列抵抗R8を経てA1、A2の出力に接続される。

ここに示す実施形態では、 $C1 = C2 = 22\text{ pF}$ 、 $R1 = R2 = 10\text{ K}$ 、 $R_T = 68\text{ }\Omega$ 、D1及びD2はM-パルスMP2612ダイオードであり、ゲートパルスは、 $-8\text{ V}$ で、 $200\text{ ps}$ の縁及び $1\text{ }\mu\text{ s}$ のPRIをもち、メタリックス社のステップ回復ダイオードMMD805-828入力により $0.5\text{ pF}$ キャパシタを介して発生され、 $R3 = R4 = 10\text{ M}$ 、 $+BIAS = +5\text{ V}$ 、 $C3 = C4 = 0.01\text{ }\mu\text{ F}$ 、A1-A3はTL074のOPアンプ、 $C5 = 220\text{ }\mu\text{ F}$ 、 $R5 = 1\text{ K}$ 、 $C6 = 0.2\text{ }\mu\text{ F}$ 、 $R6 = 100\text{ K}$ （可変）、 $C7 = 4.7\text{ }\mu\text{ F}$ 、 $R7 = 47\text{ K}$ 、 $C8 = 3300\text{ pF}$ 、 $R8 = 2.2\text{ M}$ である。C3、C4が省略される場合には、 $C1 = C2 = 0.01\text{ }\mu\text{ F}$ である。

図5は、マイクロ電力のUWBレーダ運動センサの回路図である。一連のCMOS論理ゲート（11で示す）がPRI発生器（ $33\text{ kHz}$ 発振器）21を形成し、これは、バッファゲート（I2）を経て遅延回路23a、b及びインパルス発生器25a、bに接続される。ノイズ発生器19が発振器21に接続される。遅延手段23aは単にワイヤであり（即ち、遅延なし）、一方、遅延手段23bはスイッチSに関連した抵抗器で形成される。インパルスは、最終的に、カリフォルニア州、サニーバールのメタリックス社により供給されるステップ回復ダイオード（SRD）によって発生され、 $100\text{ ps}$ 又はそれより速い遷移を発生するように指定される。送信（T）及び受信（R）アンテナは、6インチの蝶ネクタイ型ダイポールであるか又は3インチのワイヤモノポールである。OPアンプ（I3）で形成されたUWB受信器27は、図4に示した形式のもので、回路に

関連した種々のキャパシタの形態の積分器及び微分器を含む。ゲートパルス経路及びUWB受信器にあるスイッチSは、レンジ（6フィート又は12フィート）を選択するのに使用される。アラーム回路29は、OPアンプ14より成り、バイポーラ比較器と、検出後にアラームを鳴らすための駆動回路とを含む。ICはI1=CD4069、I2=74HC04、I3=TL C 27 L 4、I4=TL C 27 L 2である。+3V電圧レギュレータ及び+6Vペンライトバッテリーは図示されていない。デューティサイクルが低く且つ消費電力が小さいので、バッテリーは、連続動作で数年持続する。

図6は、2nsの送信パルス中で動作するVHF保安アラーム回路を示している。18インチのダイポールアンテナ31に送られる波形は本質的に電圧ステップであり、これはアンテナによりリングング状態で効果的に微分される。PRI発生器（100kHz発振器）21、並びに送信及び受信（ストロブ）経路のバッファは、74HC04インバータであるCMOS IC I1及びI2によって形成される。このICのコストは\$0.50未満であり、0から200nsまでの安定な、ジッタのない遅延を発生する。遅延手段23aは遅延を与えず、一方、遅延手段23bはポテンショメータRで形成される。インパルス発生器25a、bは、トランジスタQ1=2N5109及びQ2=2N2369を含む。ノイズ発生器19は、発振器21に接続される。ダイポールアンテナの2つの半部分31a、bは、UWB受信器27の入力に接続され、これは、アラーム回路29を駆動する。ICは、I3=TL C 27 L 4及びI4=TL C 27 L 2増幅器である。ショットキーダイオードDは、1N5711である。レンジ遅延調整は、ストロブラインの簡単なポテンショメータRによって与えられる。この回路は図5同様である。これはバッテリーで動作し、そのアンテナは長さが6インチではなく1mである。

従って、本発明は、平均化回路を用いて固定レンジセルにおいてRCS（レーダ断面）平均化を行いそして平均化されたRCSの変化を検出することに基づいている。固定レンジでスタートしそして多数の戻りパルスが平均化される。次いで、平均値の変化が運動として感知される。

又、本発明は、平均化を用いてレンジスイープにわたってRCS平均化を行い

そしてその平均化された R C S の変化を検出することを含む。実質上全てのパルス／エコーレーダが、あるスパンにわたって調整可能な遅延又はレンジ遅延をスイープしながら比較的少数のパルスを平均化し、個々の「ブリップ」が示されるようにする。本発明においては、平均化の時定数をレンジ走査時間より大きくセットし、全スイープを平均化することができる。この平均値の変化は、レンジスイープ内のどこかの運動を表す。

個々の「ブリップ」又は特定レンジにおけるターゲットは、平均化プロセスによって減少されるが、ノイズレベルも平均化プロセスによって等しく減少され、ブリップ内の変化に対する信号対雑音比は、同じままである。人間からの UWB 反射は、縦横角度によって著しく変化するから、平均化レンジスイープ内を移動する人は、検出可能な変動を発生する。このスイープ平均化技術は、UWB 運動センサハードウェアに対して簡単化するように意図される。

又、本発明は、平均化回路を用いてレンジスパンにわたり運動を検出しそして平均化された R C S の変化を検出するアンテナリングダウン方法も含むものである。図 7 は、迅速に立上る電圧ステップにより励起されたときに送信／受信ダイポール対により発生された典型的なアンテナリングダウンを示している。UWB 運動センサは、主として、送信パルスの先縁のフライト時間に対応する検出レンジにおいて動作する。先縁に後続するリングングは、時間的には後で現れるが、空間内では、リングングは、固定のサンプリング遅延に対しレーダに接近したレンジで現れる。従って、所与のレンジ遅延設定値に対し、リングングパルスは、先導パルスに対応する最も外側の検出殻と、リングングの周期性により位置された次々に内側の検出殻とを発生する。

リングングの利点は、多数のレンジが運動感知のためにアクティブになるので効果的なレンジスイープを発生することである。更に、レンジスイープハードウェアが排除され、簡単なダイポールアンテナを使用することができる。

この技術、即ち平均化レンジスイープの別の利点は、ターゲットが外部検出殻を回避するように管理する場合にも、内側の殻が依然作用することである。この状態は、外側のレンジ殻からのターゲットエコーが小さ過ぎて検出できない場合に生じる。又、UWB 運動検出器をオフにセットせずに人間がそこまで歩けるこ

とも防止する。

アンテナがリングダウンするときには、リングングの振幅が減少する。次々のリングングサイクルが接近したレンジにおいて現れるので、減少した振幅は一定の感度を維持する助けとなる。

米国 FCC 規定に対する良好な適合性を与えるリングダウン波形を放射する更に別の方法は、1) 同調回路又はバンドパスフィルタを電圧インパルス／ステップでショック励起するか、又は2) 電圧インパルス／ステップを用いて発振器を変調することを含む。第1のケースは、周波数櫛形発生器の高調波を選択することに類似しており、周波数櫛形発生器は、図1にインパルス／ステップ発生器34で示されており、そして同調回路／バンドパスフィルタ35は、インパルス／ステップ発生器34と送信アンテナ36との間に挿入された要素である。同調回路／バンドパスフィルタの一定のQ又は減衰係数は、各繰り返しにおいて減衰した正弦波を招く。この減衰した波形を、共振又は非共振アンテナ36に付与することができる。

第2のリングダウン方法は、ステップ発生器34とアンテナ36との間に変調発振器を挿入することを含む。図12Aは、リングダウン波形を発生する変調コルピッツRF発振回路を示している。コルピッツ発振器は公知である。しかしながら、この発振器は、変調方法が異なる。コルピッツ発振器80は、CMOS論理インバータ82により変調包絡線整形ネットワーク84を経て駆動され、このネットワークは、キャパシタ83及び直列抵抗85を含む。この整形ネットワーク84の抵抗－キャパシタ部品の値は、1未満のQ（1発振サイクル未満）からほぼ無限大（定常発振）までのほぼ任意の有効減衰係数を与えるように調整することができる。動作に際し、CMOSインバータからの負に向かう論理遷移は、この整形ネットワークを経て結合されて、コルピッツ発振器のトランジスタQ1をオンにバイアスし、そしてこの発振器は、整形回路により与えられる減衰する駆動電流に対応して、減少する振幅の限定された数のサイクルを発生する。ステップ回復ダイオード86及びバイアス抵抗器88は、CMOSインバータからの駆動信号を先鋭化するために含まれており、急速始動の駆動信号をコルピッツ発振器に与えて、図12Bの発振器出力データにより明らかなように発振確立時間

の不足を生じさせる。発振器が低速の確立時間を有する場合には、レーダレンジの境界が先鋭にならない。トランジスタQ1は、モトローラMMBR920Lであり、論理インバータはテキサス・インスルーメント74HC04であり、そしてステップ回復ダイオードは、通常のコンピュータ用ダイオード、形式1N4148である。

好ましい減衰係数は、レンジゲート内で一定の運動感度、典型的に37%ポイントまで減衰するのに10ないし100サイクル、を維持する傾向のあるものである。変調包絡線は、減衰した正弦波以外のものにセットされるが、取り締まり当局の規定に放射が適合するように放射スペクトルを制御する助けとして変調包絡線の形状が使用されるとき以外はあまり好ましくない。

本発明は、更に、ランダム又は擬似ランダムなディザ型PRI動作も含む。図8Aは、PRIが定常状態であり即ちディザ状態でないときのUWB放射スペクトルを示している。これは、パルス繰り返し周波数(PRF)の高調波に位置したスペクトル線より成る。スペクトル線によって形成された包絡線は、単一のインパルスによって形成されるスペクトルと形状が同一である(背の高いスパイクはローカルTV局である)。

ランダムノイズ又はコード発生された擬似ランダムPRI変調即ちディザが図8Bに示すように付加された場合には、単一インパルスの形状に似せるように放射スペクトルを分散することができる。個々の線に集中したエネルギーは分散されるので、スペクトルのピーク振幅は減少される。従って、従来の受信器への干渉が減少され、熱ノイズに似たものとなる。

PRIディザ作用は、パルス繰り返しインターバルのみに作用し、パルス/エコー遅延時間には作用しない。ほとんどの市販のサンプリング回路はPRIディザを許容しないが、本発明に使用される受信回路は、PRI変動との優れた独立性を有している。

例えば、10,000個のパルスといった高レベルのパルス積分は、受信器における干渉を平均化除去し、従って、同調回路が周波数ドメインにおいて行うものを時間ドメインにおいて行うので、ある形式の時間ドメイン同調である。しかしながら、干渉信号の周波数がレーダPRFの倍数に接近している場合には、平



均化信号に現れるビート周波数が形成され得る（これは、実際には観察されていないが）。PRIディザを適用することにより、同じ量の平均化が行われるが、ビート周波数を形成する定常PRFはない。PRIディザは、それ自体独特ではなく、ここではUWB運動センサに使用される。

本発明によれば、ノイズスペクトルは、UWB検出帯域巾より上に存在しなければならない。これは、UWB検出器の出力に現れる残留ディザノイズを減少又は排除し、UWB検出器に課せられるノイズ除去要件を容易にする。

本発明は、更に、二重レンジ運動感知を用いた絶対速度測定を提供する。自動車及び他の用途においては、運動感知及び速度測定が所望される。図9は、以下に述べる2つの方法のいずれかに基づいて2つの検出殻を投影する二重検出殻機構を示している。ターゲット62がR1及びR2において殻64及び66を横切るときに、UWB運動センサ68により検出される運動信号が発生される。R1及びR2から生じる検出事象間の時間差を用いて半径方向速度を決定することができる。二重レンジの原理は、2つ以上の殻又はレンジへと拡張することができる。

1つの二重検出機構は、時間マルチプレクスされる二重レンジ動作である。図10は、時間マルチプレクスレンジ回路が追加された図1の構成を示している。方形波発振器70は、PRFよりゆっくりとした速度、例えば、 $0.5 \text{ PRF}$ で動作し、従って、レーダは、ある周期中はR1でそしてある周期中はR2というようにレンジを交互に切り換える。検出レンジが交番されるときに、アナログスイッチ72が同期してトグルされ、UWB検出器からの2つのレンジ信号が個別の積分器及び運動検出回路74a、bへ送られる。その他の部品は、図1と同様である。

方形波の周期は、R1及びR2に関連した最も短い進行時間よりも相当に短いものである。実際に、R1及びR2は1フィート異なり、最も高速な自動車環境の場合には、R1-R2の進行は、数ミリ秒であり、方形波発振器の $\sim 1 \mu\text{s}$ 周期よりも相当に長いものである。

従って、僅かな回路を追加するだけで、速度を測定することができる。この特徴は、追加アンテナを必要としない。ドップラー技術とは異なり、非常に低い速

度を測定することができる。

他の二重検出機構は、一方のチャンネルに遅延が挿入されるような二重受信チャンネルに基づいている。図11は、追加の完全な受信チャンネル30bが付加された図1の基本的な運動検出器を用いた二重殻の速度測定機構を示している。第2の受信器40bは、アンテナ供給線にケーブル遅延76を挿入することにより異なるレンジにおいて感知を行う。或いは又、ストロブライン、例えば、受信器40aへのライン30aに遅延78を挿入することができる。その他の部品は、図1及び10と同様である。

このシステムは、付加的なアンテナ及び完全な受信器を必要とし、従って、時間マルチプレクスの二重レンジシステムには好ましくない。

UWB運動センサの独特の特徴は、材料透過性に優れ、先鋭に境界定めされ、アクティブなレンジを調整でき、低コストであり、多センサ動作であり、そして潜在的に単一チップで実施できることである。この特徴構成により、主として想像で範囲が限定されている多数の新たな用途に適用できることとなる。幾つかのより顕著な用途は、次の通りである。

保安システム：UWB運動センサは、壁の後ろ、天井の上及び床下に配置することができる。1つの考えられる家庭用の設置では、UWB運動センサが屋内の各部屋の上に配置され、それらの検出レンジが6フィートにセットされる。このレンジにおいては、検出殻は、人を検出するが床の付近のペットの検出は除外するレベルまで到達する。図5の100ps運動センサの1つのテストでは、センサが壁を通して廊下へと向けられ、そして廊下の中の大部分をまたぐようにレンジがセットされた。廊下の離れた方の壁に人がへばり付く場合には、検出を逃れることができるが、それを知らない人は常に検出される。

車庫のドアの前方のエリアは、UWBセンサを泥棒から見えないうように車庫内に配置することにより保護することができ、この場合の設置は簡単である。

単一のUWB VHFセンサを家の中央に配置し、家全体の周りに見えない検出殻を投射する検出レンジにセットし、単一の低コストセンサで完全に家を保護することができる。この概念は図6のシステムを用いて首尾良くテストされた。

警察の仕事については、行動を監視されるべき部屋の外部にUWBセンサを個

別に配置することができる。図6のバッテリー付勢式のUWB VHFレーダを用いて、隣接する室内の人のほんの僅かな動きでも検出されるように感度を高くセッティングすることができる。生きた人間がじっとしたままセンサを作動させずにいられるとは思えない。

新規な仮定向け用途：UWBセンサは、隠れた照明スイッチ及びドア開け器具として使用するために接続箱に組み込むことができる。将来の家は、壁の付近に見えない領域を有し、そこで手を振って照明を点灯させることができる。戸口は隠されたUWBセンサによって監視され、ドアを開いて照明を点灯させることができる。UWBセンサは、身体障害者の助けにもなる。

インテリジェントな用途：プラスチックパネルを通して動作しそして近距離で動作するという独特な能力により、UWBセンサは、人又は人の手の存在を感知し、それに応じて応答するインテリジェント用途に使用できる。照明を点灯し、ドアを開き、機械を安全上又は便宜上オフにし、オープンを切る、等々を行うことができる。

災害作業用の生命検出器：地震や雪崩で埋もれた被災者を高感度のUWB検出器で探索することができる。UWBレーダの優れた透過能力と、優れた近距離動作及び高感度とによって、FM-CWレーダを用いた従来の作業が向上される。図6のUWB VHFレーダは、10フィートの距離での呼吸及びおそらくは心臓鼓動を検出した。

医療用途：図5の100 p.s UWBレーダは、ほぼゼロの距離（表面接触）において心臓鼓動及び動脈の脈拍を検出した。ほとんどの検出信号は皮膚の動きによるものであるが、より深部の成分であることも考えられる。現時点では、医療についての意義は分かっていない。UWB放射レベルは、マイクロ波への連続露出に関するOSHAの限界よりも遥かに低い。

自動車衝突センサ：ほとんどのレーダ団体は、自動車用のミリメータ波（MMW）レーダに焦点を合わせている。これらレーダに対する現在の設計コストは、\$500以上である。これらレーダのあるものは、MMWレーダ波長と機械的な振動が同様の大きさであるために、非常に雑音が多い。更に、MMWレーダは、水、泥及び雪カバーを貫通できないために風防ワイパーを必要とする。MMWレ

ーダの提案者は、レーダの波長がターゲットの寸法と同程度であるときにレーダが最も良く機能するという事実を見落としている。

従って、自動車の感知には、1又は2メータ波長のVHFレーダが最も適している。

UWBのVHFレーダアンテナは、プラスチック本体区分又はウインドウに埋め込まれた基本的なワイヤダイポールで構成できる。ダイポールの全長は0.5-1.0m程度でなければならないが、相当に短いダイポールでも機能する。というのは、限定された検出レンジと、車の大きなレーダ断面とにより、高いシステムロスでも動作できるからである。

無指向性アンテナでは、1ないし10フィートの検出レンジが实际的である。尾灯及びパーキングライトのレンズに埋め込まれたアンテナを用いると、乗物の後部、側部及び前部をカバーするように検出殻を投射することができる。これらのアンテナは、低コストの同軸ケーブルを用いて中央のUWBモジュールへ接続される。UWBモジュールのコストは、\$10程度である。鋭く制御された合成ビーム巾を得るために、最終的に、三角測量法が使用される。

UWB運動感知は、3つのレベルのアラーム弁別を与える。即ち、レーダ断面即ち物体のサイズと、正確な検出レンジと、速度測定である。これら弁別は全て乗物の速度に合わせて容易にスケール決めできる。

本発明の範囲から逸脱せずに上記実施形態において変更や修正がなされ得るので、本発明は、請求の範囲のみによって限定されるものとする。

【図 1】

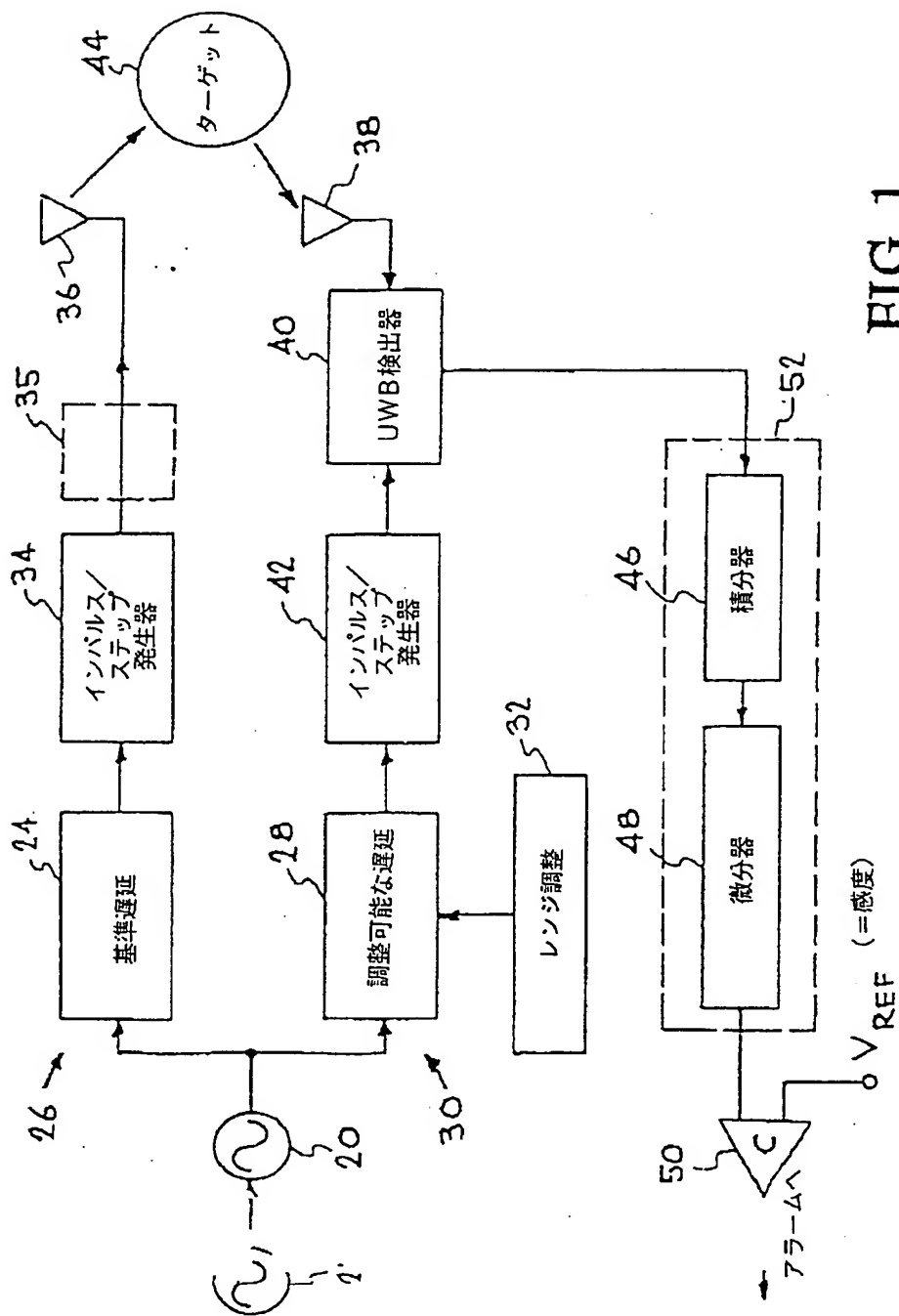
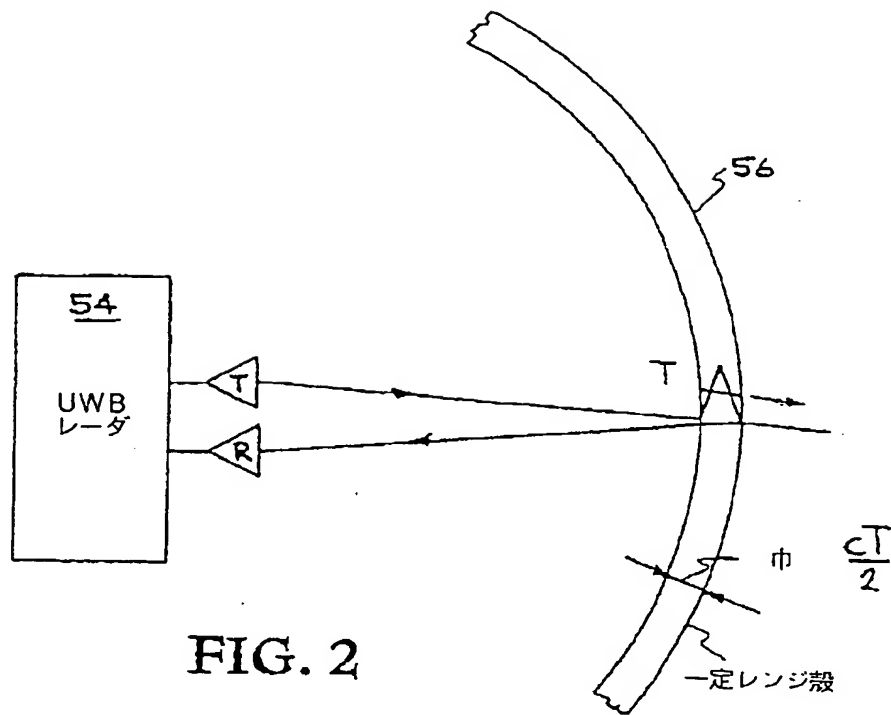


FIG. 1

【図 2】



【図 3】

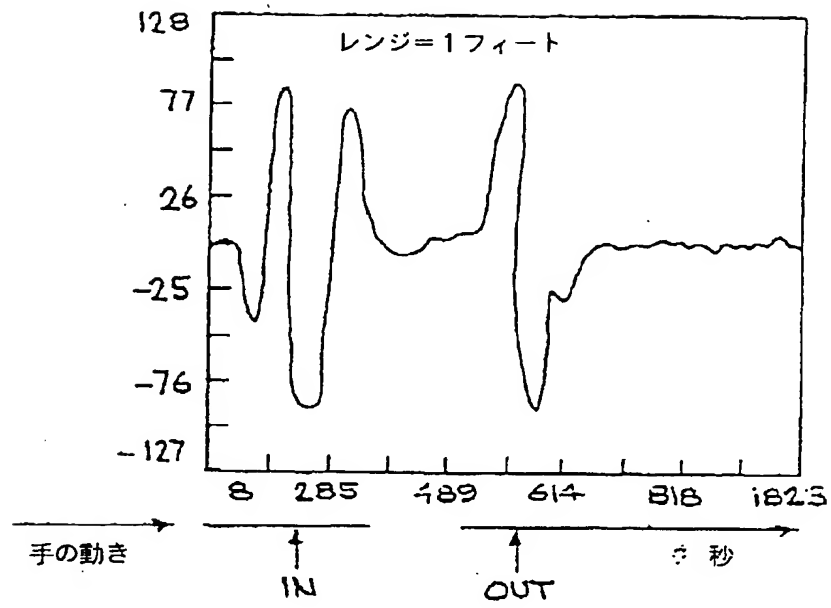


FIG. 3A

【図 3】

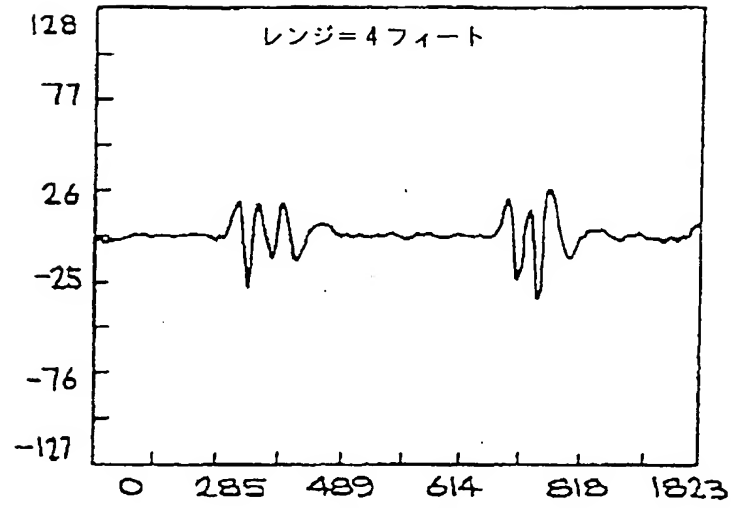


FIG. 3B

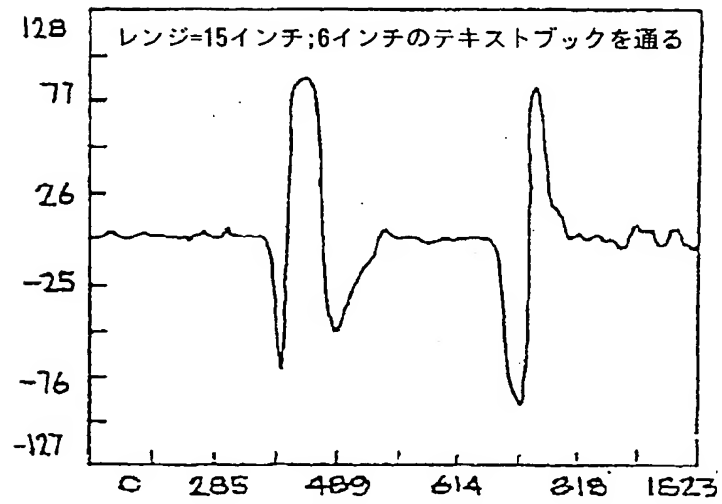


FIG. 3C



【図 3】

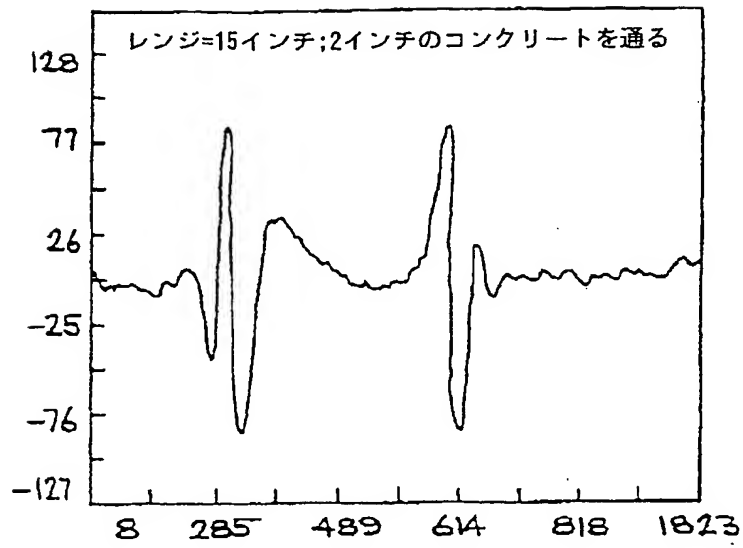
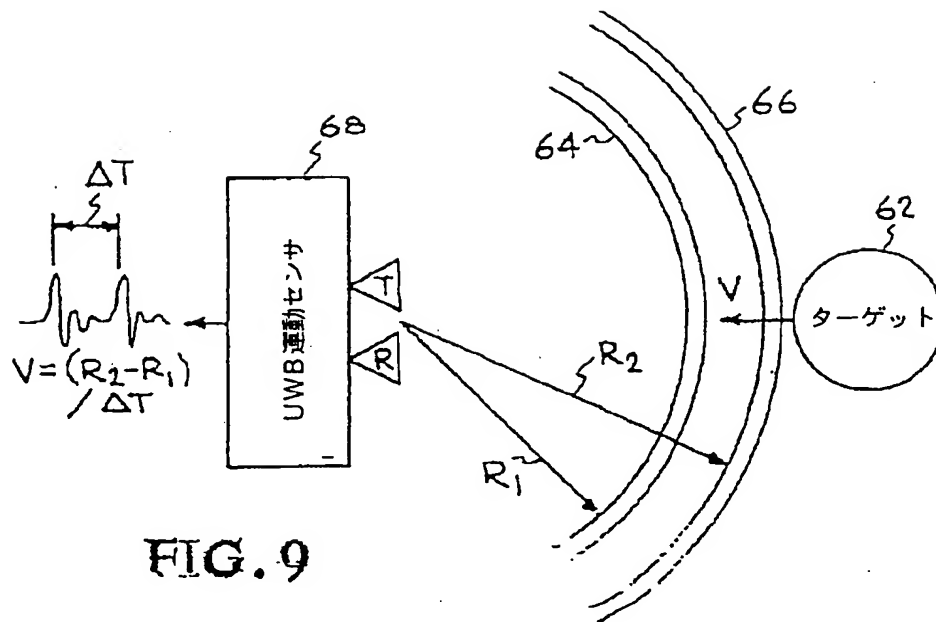


FIG. 3D

【図 9】



【図 4】

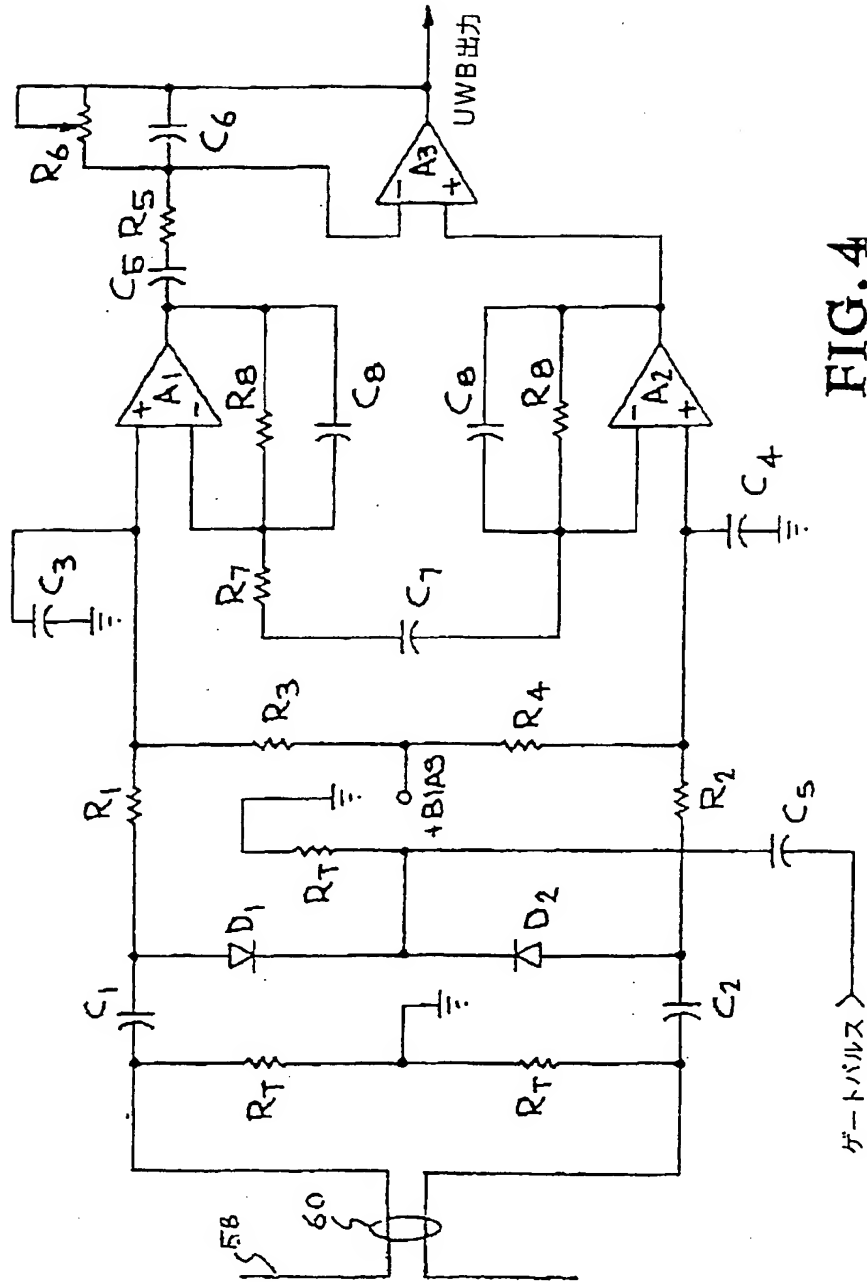


FIG. 4

FIG. 5

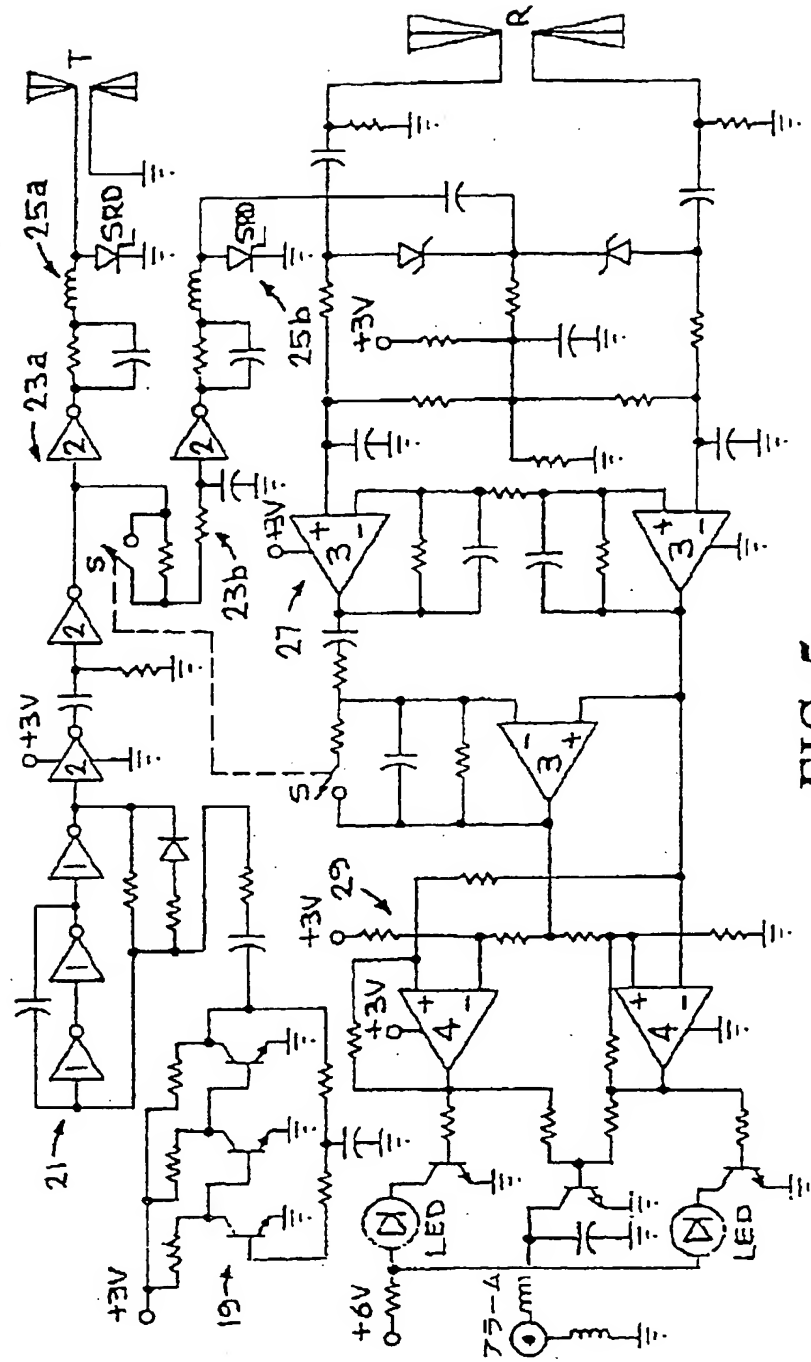
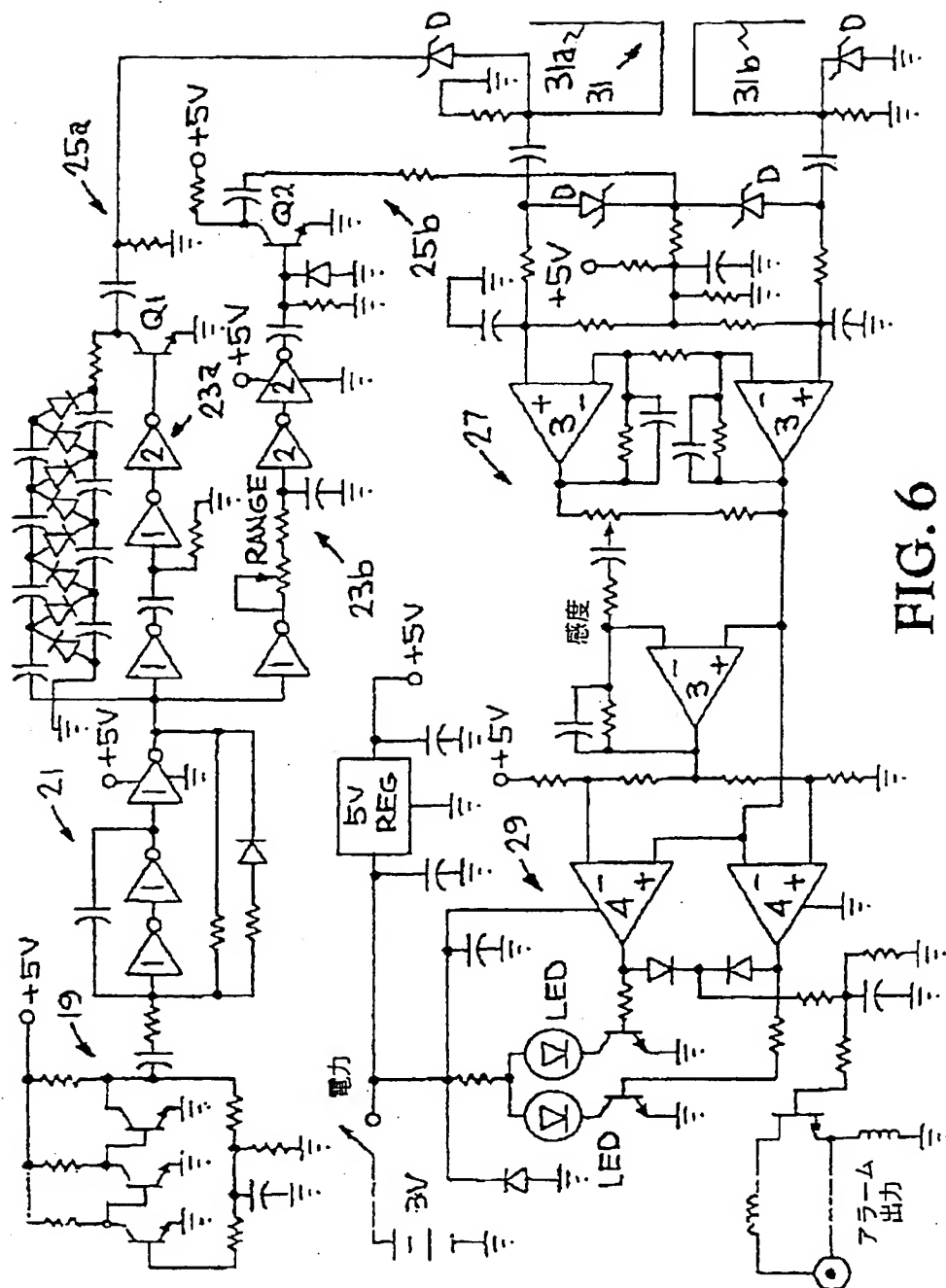


FIG. 6



【图 7】

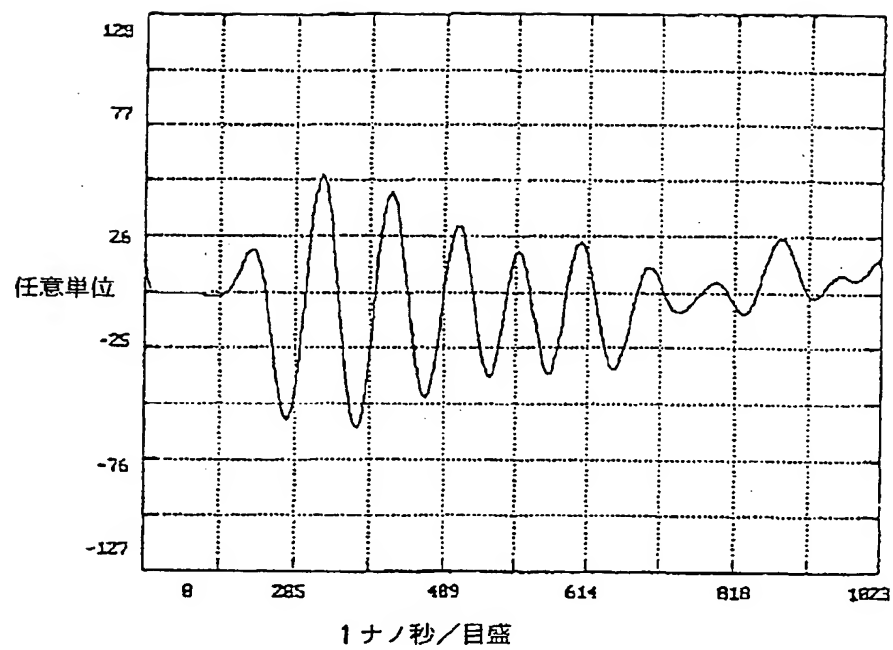
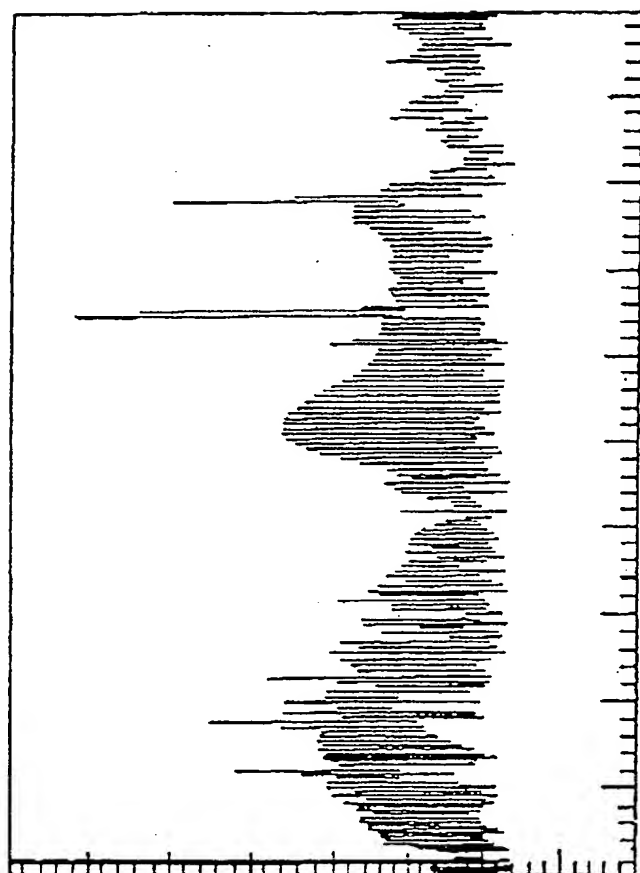


FIG. 7

【图 8】



10 dB / 目盛

100 MHz / 目盛

FIG. 8A

【图 8】

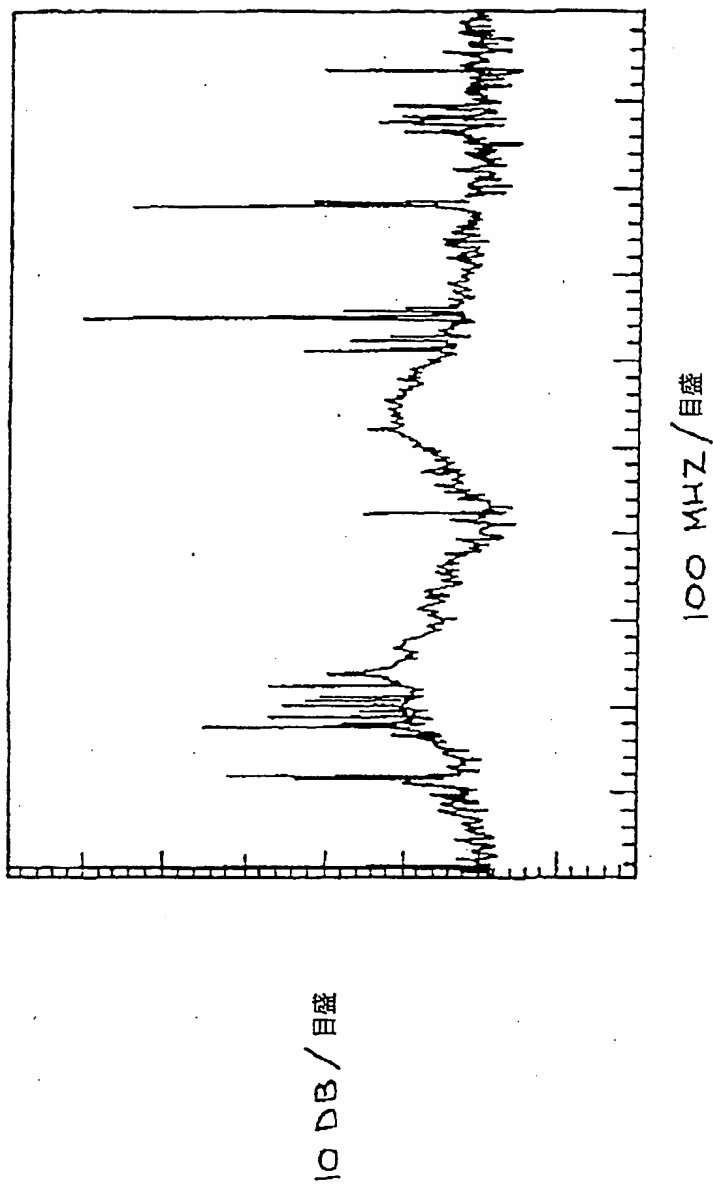


FIG. 8B



【図 10】

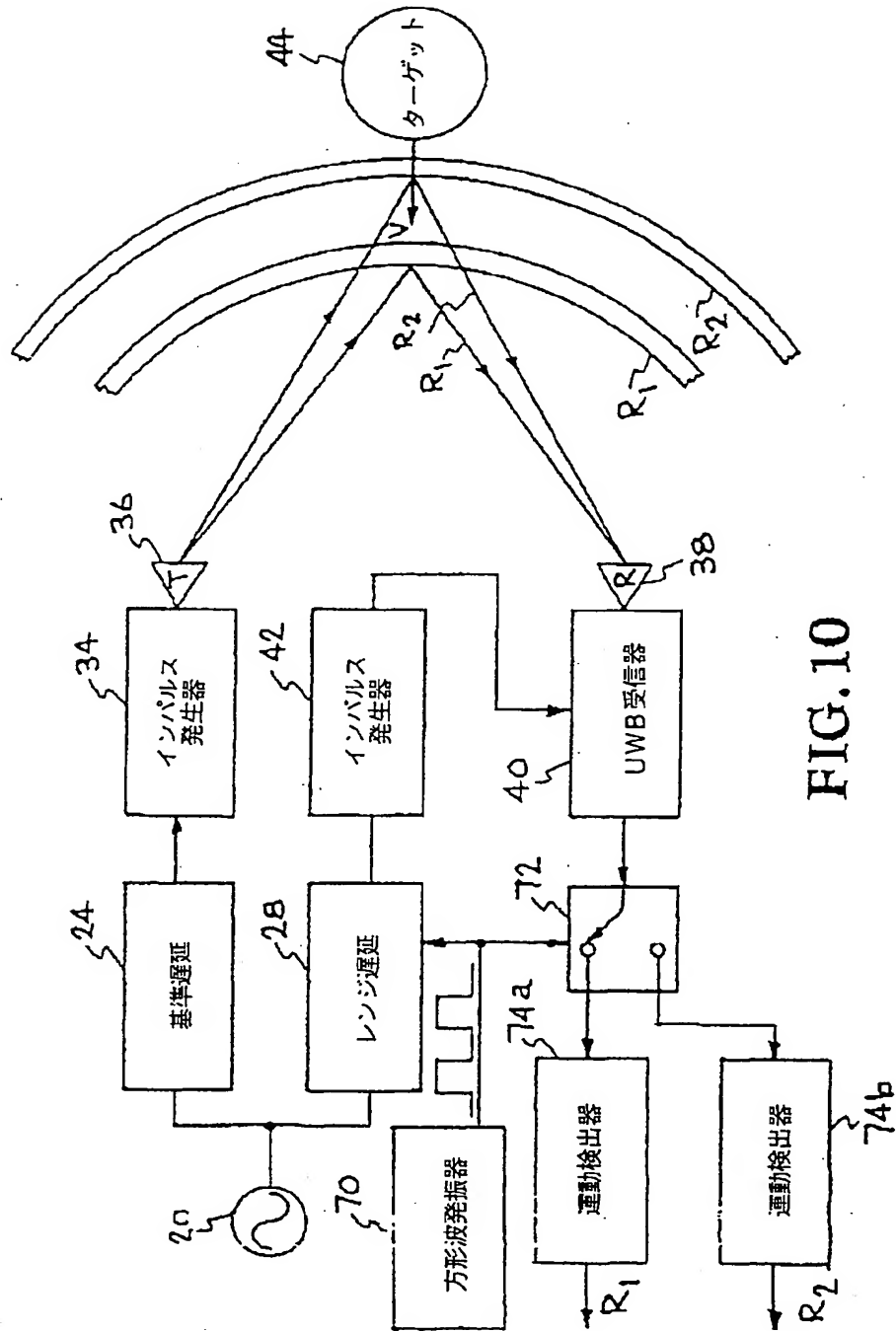


FIG. 10

【図 11】

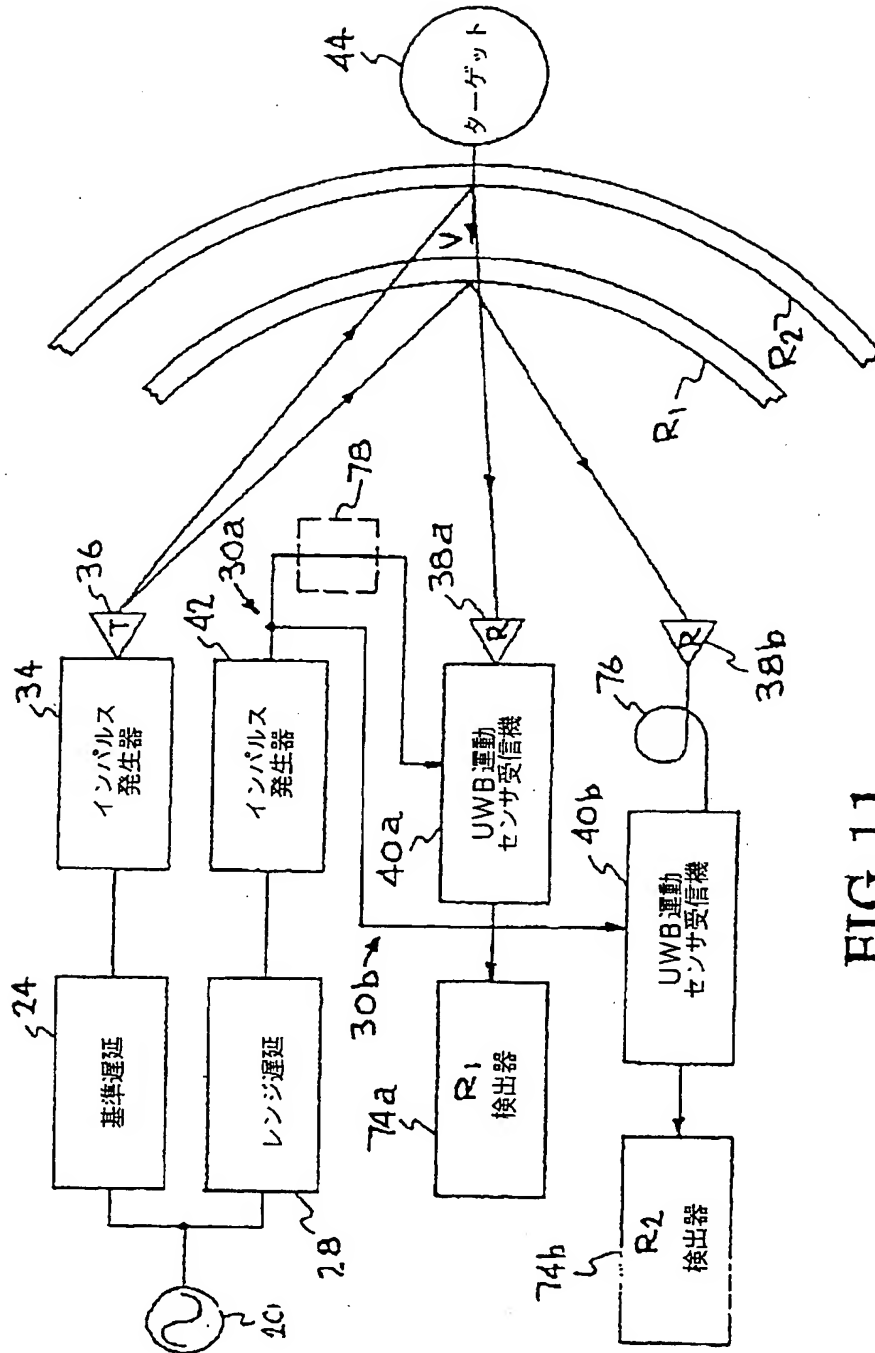


FIG.11

【図 12】

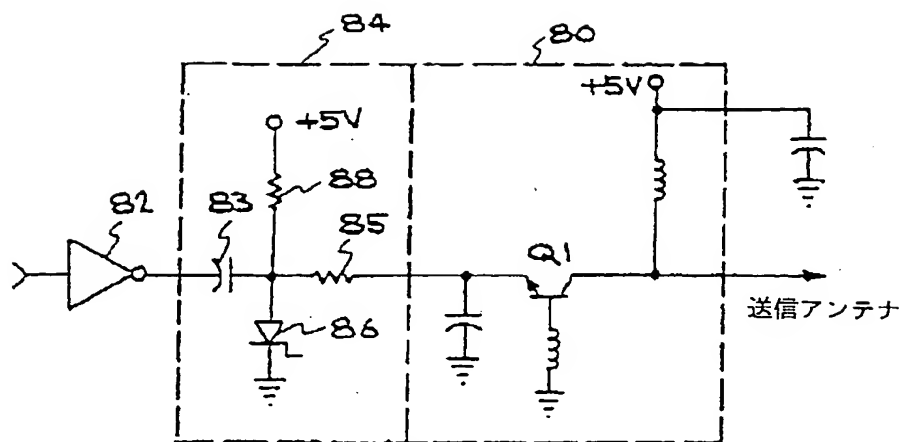


FIG. 12 A

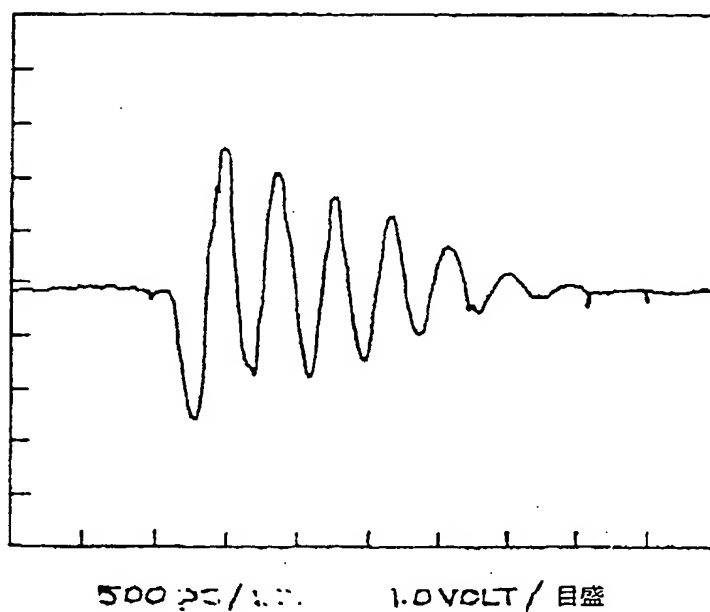


FIG. 12 B

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US84/03892

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(3) : G01S 7/28 US CL : 342/21 According to International Patent Classification (IPC) or in both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 342/21 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US, A, 4,907,001 (HARMUTH) 06 MARCH 1990, whole document.	1-25
Y	US, A, 5,148,174 (HARMUTH) 15 SEPTEMBER 1992, whole document.	1-25
A	US, A, 5,049,887 (HENNING ET AL) 17 SEPTEMBER 1991, whole document.	1-25
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be part of particular relevance "B" earlier document published on or after the international filing date "C" documents which may throw doubts on priority claim(s) or which is used to establish the publication date of another citation or other textual reason (as specified) "D" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "E" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "F" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principles or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 01 JULY 1994		Date of mailing of the international search report AUG 02 1994
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer <i>David H. Kelly</i> MARK HELLNER Telephone No. (703) 308-0466

Form PCT/ISA/210 (second sheet)(July 1992)\*